

Physique et chimie – 2h

DS sans calculatrice (calculatrice + téléphone rangés dans le sac et sac au bureau)

Quelques recommandations de type concours

- Les candidats doivent vérifier que le sujet comprend **5 pages** numérotées 1/5, 2/5, 3/5, 4/5 et 5/5.
- Les candidats sont invités à porter une attention toute particulière à la **rédaction** : les copies illisibles ou mal présentées seront pénalisées.
- Les candidats devront toujours établir une **expression littérale** avant d'effectuer toute application numérique (pas de calcul numérique intermédiaire).
- Les réponses **non justifiées** ne seront pas prises en compte.
- Toute relation littérale présentant une erreur flagrante d'**homogénéité** ne donnera pas lieu à l'attribution de points.
- Toute application numérique ne comportant pas d'**unité** ne donnera pas lieu à l'attribution de points.
- Tous les résultats doivent être **encadrés**.
- Les pages de votre copie doivent être numérotées ; par exemple, pour 4 pages rendues (une copie double) : 1/4, 2/4, 3/4 et 4/4.
- Si un candidat repère ce qui semble être une **imprécision de l'énoncé**, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.
- Toutefois, si un candidat repère ce qui semble être une **erreur d'énoncé** (relation fausse, valeur numérique manquante...), il peut dans ce cas se lever et interroger le professeur surveillant.

Questions de cours

CHIMIE

1. Soit un équilibre du type : $\alpha_1 R_1 + \alpha_2 R_2 + \dots \rightleftharpoons \alpha_1' P_1 + \alpha_2' P_2 + \dots$

Définir les proportions stœchiométriques par une phrase puis par une relation (avec des notations explicites).

ÉLECTRICITE

2. Déterminer la fonction $u(t)$ qui vérifie $u'(t) = -2 \times u(t)$ avec $u(t=0) = U_0 = 5\text{ V}$ puis tracer u en fonction du temps en faisant apparaître les grandeurs U_0 et τ la constante de temps (considérée en s).

OPTIQUE

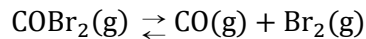
3. Un système optique est constitué d'un objectif (L_1) (assimilé à une lentille convergente de centre O_1 et de distance focale $\overline{O_1 F'_1} = f'_1 = 10\text{ cm}$) et d'un oculaire (L_2) (assimilé à une lentille convergente de centre O_2 et de distance focale $\overline{O_2 F'_2} = f'_2 = 2,0\text{ cm}$). On se placera dans le cas où $F'_1 = F_2$.

Tracer sur le schéma de droite en annexe (à rendre avec la copie), un faisceau de lumière incliné par rapport à l'axe optique et dont les rayons extrêmes passent par les bords de la lentille.

4. Tracer directement sur votre copie, l'image d'un objet virtuel à travers une lentille divergente.

Exercice 1 : chimie

Un récipient de volume $V = 2,00 \text{ L}$ contient initialement $n_0 = 0,500 \text{ mol}$ de COBr_2 , qui se décompose à une température $T = 20^\circ\text{C}$ selon la réaction :



La constante d'équilibre à 20°C est égale à $K^\circ = 5,46$

Tous les gaz sont supposés parfaits.

1. Exprimer K° en fonction des pressions partielles des différents gaz puis en fonction de l'avancement $\xi_{\text{eq},1}$ de la réaction, de n_0 , de la pression standard p° et de la pression totale de gaz notée p_{tot}^g .

2. Puisque ce sont les paramètres T et V qui sont fixés (et non p_{tot}^g), exprimer K° en fonction de l'avancement $\xi_{\text{eq},1}$ de la réaction, de n_0 , V , T et p° puis en fonction de l'avancement $\xi_{\text{eq},1}$ et de valeurs numériques.

3. Les solutions de l'équation du second degré de la question précédente sont $\xi_{\text{eq},a} = 0,10 \text{ mol}$ et $\xi_{\text{eq},b} = 0,55 \text{ mol}$ (remarque : ces valeurs ne sont pas les vraies valeurs mais sont plus faciles à exploiter pour la suite...). Déterminer la composition de l'état final de la réaction puis calculer le pourcentage de COBr_2 décomposé à cette température.

L'équilibre précédent étant réalisé, on ajoute $n' = 2,00 \text{ mol}$ de monoxyde de carbone CO (en maintenant T et V constants).

4. Exprimer le quotient de réaction Q_r dans ce nouvel état initial, en fonction de $\xi_{\text{eq},1}$, n_0 , n' , V , T et P°

Aide : on prouvera que $Q_r = \frac{\xi_{\text{eq},1}(\xi_{\text{eq},1} + n')}{(n_0 - \xi_{\text{eq},1})} \left(\frac{RT}{Vp^\circ} \right)$; le résultat étant fourni, vous serez évalué sur les étapes du calcul et non sur le résultat...

5. En déduire, sans calcul numérique, le sens d'évolution de la réaction.

6. On note $\xi_{\text{eq},2}$ l'avancement atteint à l'équilibre après l'ajout des n' moles de monoxyde de carbone.

Déterminer l'équation vérifiée par $\xi_{\text{eq},2}$.

Donnée numérique : $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Exercice 2 : étude d'un viseur

Soit une lentille mince (L), d'axe optique Ox , de centre optique O , de foyers objet et image F et F' et de distance focale image $f' = \overline{OF'}$. Soit un objet AB perpendiculaire à l'axe optique tel que A appartienne à l'axe optique. On note $A'B'$ l'image donnée par (L) de AB .

On donne les relations de conjugaison avec origine au centre (formule de Descartes) et avec origine aux foyers (formule de Newton) :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \quad \text{et} \quad \overline{FA} \cdot \overline{F'A'} = -f'^2$$

On donne les formules donnant le grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} = \frac{\overline{FO}}{\overline{FA}}$$

A- Système afocal

Un système optique est constitué d'un objectif (L_1) (assimilé à une lentille mince convergente de centre O_1 et de distance focale $\overline{O_1F'_1} = f'_1 = 10$ cm) et d'un oculaire (L_2) (assimilé à une lentille mince convergente de centre O_2 et de distance focale $\overline{O_2F'_2} = f'_2 = 2,0$ cm).

La distance $D = \overline{O_1O_2}$ entre L_1 et L_2 est réglable.

1. Déterminer D pour que le système soit afocal. Justifier soigneusement. Quel système optique vient-on de construire ?

La marche d'un faisceau de rayons parallèles venant d'un point à l'infini dans une direction faisant un angle α (orienté de l'axe optique Δ vers un des rayons incidents) a déjà été réalisé en annexe à la question de cours 3.

2. Calculer le grandissement angulaire (ou grossissement) $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ de l'appareil (α' est l'angle orienté de l'axe du viseur vers un des rayons émergents).

B- Objet à distance finie

On règle maintenant le viseur pour que l'œil d'un observateur emmétrope, regardant à travers l'oculaire, voit nettement, sans accommoder, un objet AB situé à 20 cm en avant de la face d'entrée de l'objectif.

3. Déterminer la nouvelle expression de D . Faire l'application numérique.

4. Sur le schéma de gauche de l'annexe (à rendre avec la copie), représenter le système optique (à l'échelle) et la marche d'un faisceau lumineux issu de B à travers le système optique.

C- Observation avec un œil qui accomode

On garde le même réglage que dans la partie B ($D = 22$ cm).

En accommodant, l'œil peut voir des objets situés au-delà d'une distance minimale $d_m = 25$ cm.

L'observateur place la pupille de son œil au centre O' du cercle oculaire de l'appareil, le cercle oculaire étant situé au niveau de l'image de la lentille L_1 par la lentille L_2 .

5. A l'aide de la définition fournie du cercle oculaire, déterminer l'expression de la position $p' = \overline{O_2O'}$ de la pupille.

Faire l'application numérique.

6. Montrer que pour être vue nettement par l'observateur, la position de l'image $A'B'$ de AB à travers le système optique doit vérifier :

$$d_m + f'_2 - p' \leq \overline{A'F'_2} < +\infty$$

On posera par la suite $l = d_m + f'_2 - p'$.

7. (Question calculatoire, en bonus...) En utilisant les formules de Newton, montrer alors que pour être vu nettement par l'observateur, la position de l'objet AB doit vérifier la double condition :

$$-\frac{f_1'^2}{D - f'_1 - f'_2} \leq \overline{F_1A} \leq -\frac{f_1'^2}{D - f'_1 - f'_2 + \frac{f_2'^2}{l}}$$

8. Numériquement, on trouve : $-10 \leq \overline{F_1A} \leq -9,8$ cm

En déduire la latitude de mise au point c'est-à-dire la longueur de la profondeur de champ du système optique.

Exercice 3 : capteur d'empreintes

Il existe différentes technologies de capteurs d'empreinte digitale, c'est-à-dire de dispositifs permettant d'obtenir une image numérisée d'une empreinte digitale, le plus souvent à des fins d'identification. Certaines de ces technologies sont embarquées dans des smartphones. La technologie dite « capteur optique d'empreinte digitale » est très employée, elle repose sur le phénomène de réflexion totale frustrée qui est l'objet de cette étude.

Le doigt est posé à plat sur l'hypoténuse d'un prisme droit isocèle taillé dans un verre d'indice optique noté n . Il est éclairé par une diode laser de longueur d'onde λ_0 dans le vide. L'image de l'empreinte digitale à travers un système optique est formée sur un capteur CCD puis numérisée. La figure 2 décrit le schéma de principe de ce dispositif.



Figure 1 : capteur d'empreinte digitale
(Wikimedia, Rachmaninof, 2009-10-21)

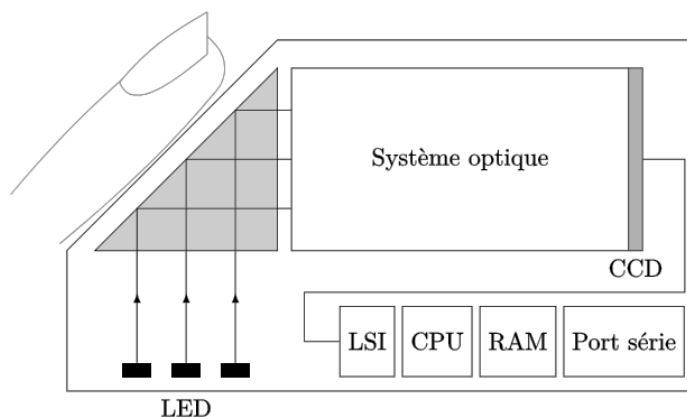


Figure 2 : principe d'un capteur optique d'empreinte digitale

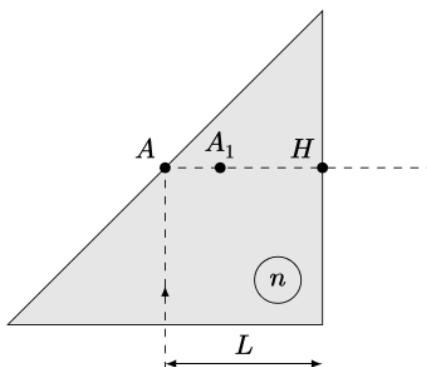


Figure 3 : schéma optique

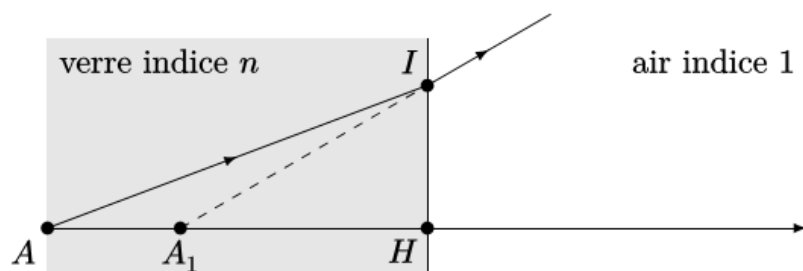


Figure 4 : image à travers le dioptre

1. Représenter le trajet des rayons lumineux issus de la LED à travers le prisme. Justifier sachant que $\arcsin\left(\frac{1}{n}\right) = 42^\circ$
2. Dans le cas où un film plastique d'indice $N > n$ est déposé sur l'hypoténuse du prisme, représenter le trajet du rayon lumineux jusqu'à sa sortie du prisme en négligeant la réfraction film/air.
3. Montrer que, dans les conditions de Gauss, la relation de conjugaison entre A et son image A_1 par le dioptre plan formé par la face de sortie du prisme s'écrit $\overline{HA_1} = \frac{1}{n} \overline{HA'}$.

La suite en DM...

Nom :

À RENDRE AVEC VOTRE COPIE

